

Лабораторная работа №1: Цветовые модели RGB, HSV, LAB

Вариант 4: RGB \leftrightarrow HSV \leftrightarrow LAB

1 Введение

Данное приложение реализует преобразование между тремя цветовыми моделями: RGB, HSV и LAB. Каждая модель представляет цвет различным способом, что делает их полезными для разных задач в компьютерной графике и обработке изображений.

2 Цель работы

Целью данной работы является изучение различных цветовых моделей (RGB, HSV, LAB), реализация алгоритмов преобразования между ними, а также создание интерактивного приложения для визуализации и манипуляции цветами в этих моделях.

3 Цветовые модели

3.1 RGB (Red, Green, Blue)

Модель RGB является аддитивной и основана на смешении трех основных цветов:

- **R** - красный компонент (0-255)
- **G** - зеленый компонент (0-255)
- **B** - синий компонент (0-255)

Преимущество: простота реализации в компьютерных системах. Недостаток: не соответствует человеческому восприятию цвета.

3.2 HSV (Hue, Saturation, Value)

Модель HSV представляет цвет в более интуитивной для человека форме:

- **H** - тон цвета (0° - 360°)
- **S** - насыщенность (0-100%)
- **V** - яркость (0-100%)

3.2.1 Формулы преобразования RGB → HSV

$$\begin{aligned}
 R' &= R/255, \quad G' = G/255, \quad B' = B/255 \\
 C_{max} &= \max(R', G', B') \\
 C_{min} &= \min(R', G', B') \\
 \Delta &= C_{max} - C_{min} \\
 H &= \begin{cases} 0^\circ, & \text{если } \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \mod 6 \right), & \text{если } C_{max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & \text{если } C_{max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & \text{если } C_{max} = B' \end{cases} \\
 S &= \begin{cases} 0, & \text{если } C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}}, & \text{иначе} \end{cases} \\
 V &= C_{max}
 \end{aligned}$$

3.2.2 Формулы преобразования HSV → RGB

$$\begin{aligned}
 C &= V \times S \\
 X &= C \times (1 - |(H/60^\circ) \mod 2 - 1|) \\
 m &= V - C
 \end{aligned}$$

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0), & 0^\circ \leq H < 60^\circ \\ (X, C, 0), & 60^\circ \leq H < 120^\circ \\ (0, C, X), & 120^\circ \leq H < 180^\circ \\ (0, X, C), & 180^\circ \leq H < 240^\circ \\ (X, 0, C), & 240^\circ \leq H < 300^\circ \\ (C, 0, X), & 300^\circ \leq H < 360^\circ \end{cases}$$

$$R = (R' + m) \times 255$$

$$G = (G' + m) \times 255$$

$$B = (B' + m) \times 255$$

3.3 LAB (CIELAB)

Модель LAB разработана для равномерного восприятия цветовых различий:

- **L** - светлота (0-100)
- **A** - положение между зеленым и красным (-128 - +127)
- **B** - положение между синим и желтым (-128 - +127)

3.3.1 Формулы преобразования RGB → LAB (через XYZ)

$$R' = \begin{cases} \frac{R/255 + 0.055}{1.055}^{2.4}, & R/255 > 0.04045 \\ \frac{R/255}{12.92}, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$G' = \begin{cases} \frac{G/255 + 0.055}{1.055}^{2.4}, & G/255 > 0.04045 \\ \frac{G/255}{12.92}, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$B' = \begin{cases} \frac{B/255 + 0.055}{1.055}^{2.4}, & B/255 > 0.04045 \\ \frac{B/255}{12.92}, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$X = 0.4124564R' + 0.3575761G' + 0.1804375B'$$

$$Y = 0.2126729R' + 0.7151522G' + 0.0721750B'$$

$$Z = 0.0193339R' + 0.1191920G' + 0.9503041B'$$

$$X' = X/X_{ref}, \quad Y' = Y/Y_{ref}, \quad Z' = Z/Z_{ref}$$

$$X'' = \begin{cases} \sqrt[3]{X'}, & X' > 0.008856 \\ 7.787X' + 16/116, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$Y'' = \begin{cases} \sqrt[3]{Y'}, & Y' > 0.008856 \\ 7.787Y' + 16/116, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$Z'' = \begin{cases} \sqrt[3]{Z'}, & Z' > 0.008856 \\ 7.787Z' + 16/116, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$L = 116Y'' - 16$$

$$A = 500(X'' - Y'')$$

$$B = 200(Y'' - Z'')$$

4 Ход работы

4.1 Реализация приложения

Приложение было реализовано на языке C# с использованием Windows Forms. Интерфейс включает:

- Поля ввода для точного задания значений цветовых компонент
- Ползунки для плавного изменения цветов
- Визуальную палитру для выбора цвета
- Область отображения текущего цвета
- Представление цвета во всех трех моделях одновременно

4.2 Архитектура приложения

Была разработана модульная архитектура, где каждый класс отвечает за преобразование между конкретными цветовыми моделями:

- `RgbToHsvConverter` - преобразование RGB → HSV
- `RgbToLabConverter` - преобразование RGB → LAB
- `ColorManager` - координация преобразований между всеми моделями

4.3 Обработка пользовательского ввода

Реализована система обработки событий, которая автоматически пересчитывает все цветовые представления при изменении любой компоненты в любой из моделей. Это обеспечивает мгновенную синхронизацию всех элементов интерфейса.

5 Сложности реализации

5.1 Проблема округления и точности

Основной сложностью при реализации была обеспечение точности преобразований между цветовыми моделями, особенно при работе с моделью LAB. Возникали следующие проблемы:

- **Накопление ошибок округления:** При последовательных преобразованиях RGB → LAB → RGB небольшие ошибки округления могли накапливаться, приводя к заметным отклонениям в цвете.
- **Границные значения:** В модели LAB значения A и B могут выходить за теоретические пределы (-128 до 127) из-за особенностей преобразований через XYZ.
- **Обработка особых случаев:** При значениях близких к нулю в формулах преобразования RGB → XYZ требовалась особая аккуратность для избежания деления на ноль и математических ошибок.

5.2 Решение проблем точности

Для решения этих проблем были применены следующие подходы:

- Использование типа `double` для промежуточных вычислений вместо `float`
- Реализация проверки граничных значений с коррекцией выходящих за пределы величин
- Добавление обработки особых случаев для крайних значений (черный, белый, чистые цвета)
- Единообразное округление во всех преобразованиях

6 Сравнение моделей

Параметр	RGB	HSV	LAB
Тип модели	Аддитивная	Интуитивная	Перцептивная
Основа	Аппаратная	Восприятие	Человеческое зрение
Координаты	R,G,B	H,S,V	L,A,B
Диапазоны	0-255	H:0-360, S,V:0-100	L:0-100, A,B:-128-127
Применение	Дисплеи	Графические редакторы	Цветокоррекция

Таблица 1: Сравнение цветовых моделей

7 Выводы

В результате выполнения работы были достигнуты следующие результаты:

- Изучены принципы работы цветовых моделей RGB, HSV и LAB, их преимущества и недостатки
- Реализованы точные алгоритмы преобразования между моделями с учетом всех математических особенностей
- Разработано интерактивное приложение с удобным интерфейсом для работы с цветами
- Решены проблемы точности вычислений и округления, возникающие при преобразованиях

- Обеспечена корректная обработка граничных значений и особых случаев

Приложение успешно демонстрирует взаимосвязь между различными цветовыми моделями и позволяет пользователю интуитивно работать с цветом, выбирая наиболее удобное представление для конкретной задачи. Реализованная система автоматического пересчета обеспечивает мгновенное отображение изменений во всех моделях, что делает работу с цветом наглядной и эффективной.